

## I-B 436

### クロスハンガーケーブルを導入した長大吊橋の実験的考察

九州工業大学 学生員○村松 俊之 正会員 久保 喜延  
住友金属工業 正会員 前島 稔  
九州工業大学 正会員 加藤 九州男 山口 栄輝

**1. はじめに** 近年、吊橋の支間長は増加の一途をたどっているが、それに伴う固有振動数(特にねじれ振動数)の低下により、耐風安定性の確保が困難になっている。耐風安定性の確保のため、ねじれ振動数を向上させる目的で考案されたクロスハンガーケーブルシステムは、多くの論文によりその有効性が報告されている。しかし、解析による報告が大半を占め実験的にはあまり確認されていない。そこで、本研究は中央支間長が 900m の単径間吊橋を想定し、模型縮尺が 1/60 の三次元模型を作製して、クロスハンガーがねじれ振動数に与える影響について実験的に確認することを目的とした。また、解析との比較検討も行った。

**2. 実験方法** 模型の構造諸元の一覧を表 1 に示す。本実験では、従来の吊橋を基本形としてクロスハンガーの設置位置をパラメータとして振動数およびモード形の計測を行った。クロスハンガーは対称になるように設置し、設置位置の変更範囲は加振位置を図 1 の 9 の位置にしたため、1(23)から 8(16)までとした。

### 3. 結果および考察

**3-1 振動数** 基本形の模型の固有振動数とその解析値を表 2 に示す。実験値と解析値は最大で約 7% の誤差が生じたがほぼ一致していると言える。また、本実験の模型ではねじれの最低次がねじれの逆対称 1 次であったため、このねじれ振動モードに着目して実験を行った。設置位置によるねじれ振動数の変化を図 2 に示す。クロスハンガーを設置することで振動モードに 2 つの傾向が見られた。1 つは設置位置が節になることで基本形より振動数が上昇する傾向であり、もう 1 つは設置位置が節にならず基本形より振動数が下がるという傾向である。具体的には、設置位置 1 から 4 までは設置位置が節になり、設置位置 5 から 8 までは節にならない位置であった。図 2 よりねじれ振動数は、基本形に対し設置位置 1 から徐々に増加し設置位置 4 で最大値を示す。しかし、設置位置が 5 になるとクロスハンガーも一緒にねじれ振動を始め、振動数は急激に低下して基本形を下回る結果となった。設置位置が 5 以上になると振動数はほぼ横ばい傾向にある。以上より、クロスハンガーは設置位置によりその有効性が異なることがわかる。また、実験値と解析値を比較すると振動数には多少の誤差が見られるものの傾向としてはよく一致している。

**3-2 振動モード** 基本形と設置位置が節になる 4 の場合、節にならない 5 の場合を例に取り上げ、振動モード形を図 3 に示す。図にはねじれ振動成分と面外振動成分を示すが、面外振動成分は実験での計測は困難なため解析結果のみを示した。図 3 より、基本形においては面外振動成分を伴わないねじれ振動モードであることがわかる。これに対し、設置位置が節になる場合はねじれ振動成分に面外振動成分を伴っている。面外振動成分は設置位置が 1 から 4 へ移動するに従い徐々に現れる。さらに、設置位置が節にならない場合の振動モードを見ると、ねじれ振動成分は基本形と同じであるが、それと同等の面外振動成分を伴う結果となっている。しかし、本実験において、わずかな面外振動成分は確認されたものの解析値ほど顕著な面外振動は確認されなかった。この原因として、模型のねじれモードの減衰率が約  $\delta = 0.06$  であるのに対し、水平モードの減衰率が約  $\delta = 0.13$  と大きかったことが考えられる。

**4. まとめ** これまでの多くの研究報告により、従来の吊橋にクロスハンガーを設置することでねじれ振動数は向上することが一般的に認識されている。しかし、本研究により、その設置位置によっては逆にねじれ振動数が低下することが、実験的、解析的に確認された。

キーワード：長大吊橋、クロスハンガーケーブル、設置位置、ねじれ振動数、振動モード

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel. (093)884-3109 Fax. (093)884-3100

表 1 模型諸元一覧

|                      | 単位             | 設計値     |
|----------------------|----------------|---------|
| 支間長                  | $m$            | 15.0    |
| 補剛桁<br>重量 $W_D$      | $kgf / m$      | 2.8     |
| 鉛直曲げ $EI_v$          | $kgfm^2 / Br$  | 117.7   |
| 水平曲げ $EI_h$          | $kgfm^2 / Br$  | 747.8   |
| ねじれ剛性 $GJ$           | $kgfm^2$       | 7.1     |
| ケー<br>ブル<br>重量 $W_C$ | $kgf / m / Br$ | 1.38    |
| サグ $f$               | $m$            | 1.5     |
| 水平張力 $H_w$           | $kgf / Br$     | 78.4    |
| 最大張力 $T$             | $kgf / Br$     | 84.4    |
| 伸び剛性 $EA_c$          | $kgf$          | 62800.0 |
| 伸び剛性 $EA_b$          | $kgf$          | 1400.0  |

表 2 基本形の固有振動数

| 振動モード |         | 固有振動数 (Hz) |       |
|-------|---------|------------|-------|
|       |         | 実験値        | 解析値   |
| 水平曲げ  | 対称 1 次  | 0.603      | 0.610 |
|       | 逆対称 1 次 | 1.586      | 1.601 |
| 鉛直曲げ  | 逆対称 1 次 | 1.078      | 1.036 |
|       | 対称 2 次  | 1.620      | 1.593 |
| ねじれ   | 逆対称 1 次 | 2.221      | 2.382 |
|       | 対称 2 次  | 2.930      | 3.135 |

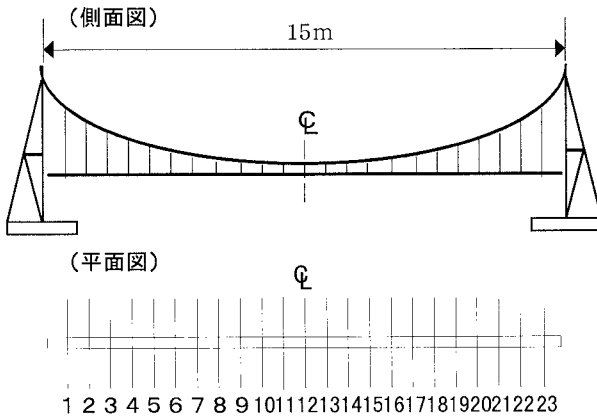


図 1 計測位置図

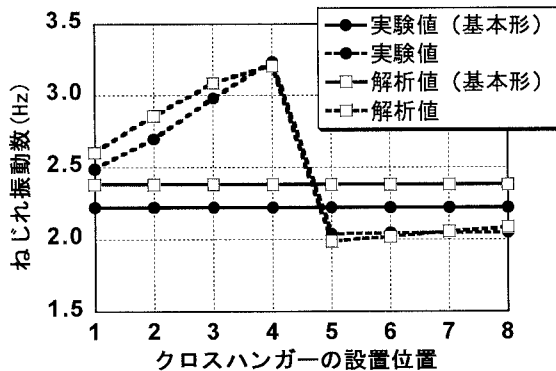
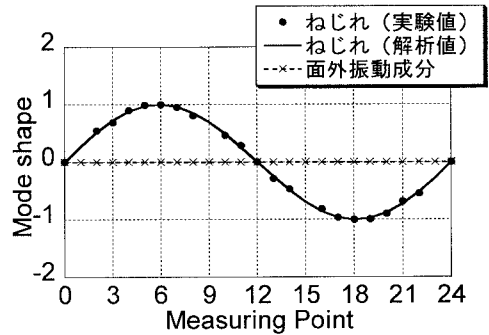
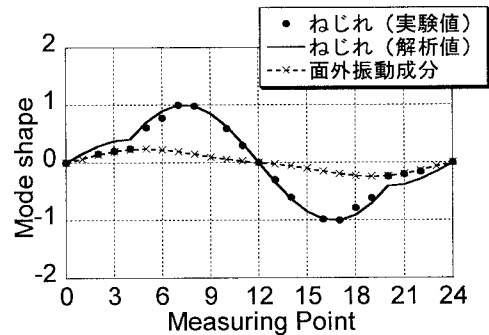


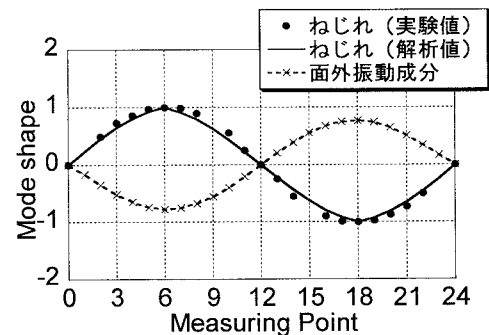
図 2 設置位置によるねじれ振動数



(a) 基本形のモード形



(b) 節になるモード形（設置位置 4）



(c) 節にならないモード形（設置位置 5）

図 3 ねじれ振動モード形

参考文献 前島，久保，山口：クロスハンガーに張力を導入した超長大吊橋のフラッター特性に関する研究，土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 1 部，1997 年